

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-366841

(43) 公開日 平成4年(1992)12月18日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	A	7369-2H		
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/30	3 0 1 P

審査請求 未請求 請求項の数2(全5頁)

(21) 出願番号 特願平3-167383

(22) 出願日 平成3年(1991)6月13日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 松本 宏一

東京都品川区西大井一丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

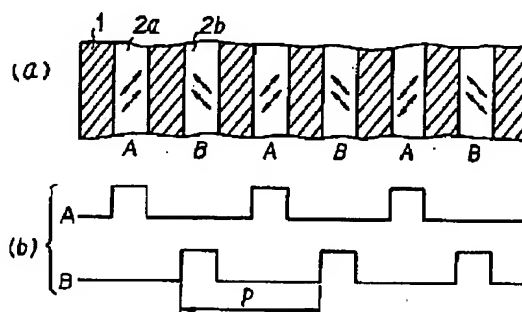
(74) 代理人 弁理士 佐藤 正年 (外1名)

(54) 【発明の名称】 フォトマスク

(57) 【要約】

【目的】 高解像力のフォトマスクを提供する。

【構成】 ラインアンドスペースパターン of 遮光部1を介して隣り合う光透過部2a、2bには、振動方向が互いに直交し、かつ振動方向がパターンの辺に対して45度の傾きをもつ光(偏光A、偏光B)を透過させる偏光部材がそれぞれ付加されている。偏光Aにとっては光透過部2bが、偏光Bにとっては光透過部2aがそれぞれ光不透過部となるので、パターンの基本周期Pは、光透過部2b-遮光部-光透過部a-遮光部となり、偏光部材を付加しない場合の2倍となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 投影転写すべきパターンが透明基板上に形成されたフォトマスクにおいて、前記透明基板の光透過部に、相互に直交する各偏光状態に変換する少なくとも2種の偏光部材が設けられたことを特徴とするフォトマスク。

【請求項2】 前記偏光部材が設けられた光透過部の一部に、透過光の位相を変化させる位相部材が配置されたことを特徴とする請求項1記載のフォトマスク。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体素子製造のリソグラフィ工程において、被投影原版として用いられるフォトマスク（レチクルともいう）に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 半導体素子製造のリソグラフィ工程において、被投影原版として用いられるフォトマスクは、一般的には、透明基板上にクロム等の金属からなる遮光パターンが形成された構造をなしており、フォトマスクを透過照明し、投影光学系によって遮光パターンの像をウエハ面上に結像することにより、所望の回路パターンをウエハ面に転写している。

【0003】 図3(a)は、光透過部（基板裸面部）102と遮光部（図中遮光部に斜線を付す）101とが交互に繰り返されるラインアンドスペースパターンが形成された従来のフォトマスクの平面構造を模式的に示したもので、かかるフォトマスクの振幅透過率は図3(b)のようになる。図に示されるように、振幅透過率はラインアンドスペースパターンの遮光部101で低く（＝0）、光透過部102で高くなり、隣り合う一対の遮光部101と光透過部102が図3(a)のパターンの基本周期Pとなる。

【0004】 また、近年、投影像のコントラストを高めるために、光透過部の特定の箇所に透過光の位相を変化させる位相シフト部を設けた位相シフトマスクが種々提案されている。例えば、特公昭62-50811号公報には、空間周波数変調型の位相シフトマスクに関する技術が開示されている。

【0005】 図4(a)は空間周波数変調型の位相シフトマスクの平面構造を模式的に示したもので、ラインアンドスペースパターンの一つおきの光透過部102bに位相部材が付加され、遮光部101を介して隣り合う光透過部102a、102bを透過した光の位相は $\pi$ ずれることになる。この位相シフトマスクの振幅透過率を図4(b)に示す。図に示されるように、位相部材が付加された光透過部102bと位相部材が付加されていない光透過部102aを透過した光の振幅は正負が反転するため、光透過部102a（位相部材なし）－遮光部101－光透過部102（位相部材有り）－遮光部がパターンの基本周期Pとなる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記のような従来の技術においては、近年の半導体素子の高集積化に伴う回路パターンの微細化に対応できないという問題点がある。即ち、上述した位相シフトマスクに使用することにより、ある程度結像性能が向上することが認められているが、今だ要求される微細パターンを解像し得る解像力は確保されていない。

【0007】 この発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、光の振幅と位相以外の第三の情報を利用することにより、より高い解像力が得られるフォトマスクを提供することを目的とするものである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明のフォトマスクは、投影転写すべきパターンが透明基板上に形成され、上記の課題を達成するために、前記透明基板の光透過部に、相互に直交する各偏光状態に変換する少なくとも2種の偏光部材が設けられたものである。

【0009】 本発明で用いられる少なくとも2種の偏光部材は、具体的には、次の1～3の偏光を生じる部材であり、1～3の何れの場合も生じる偏光同志は相互に直交する各偏光状態である。

1. 振動方向（本明細書でいう振動方向は特に断わらないかぎり電気ベクトルの振動方向である）が互いに直交する2つの直線偏光。
2. 右回転の円偏光と左回転の円偏光。
3. 長軸の方向が直交し、かつ回転方向が反対である2つの楕円偏光。

## 【0010】

【作用】 一般的に用いられる露光装置においては、フォトマスクが透過照明されることにより、フォトマスクに形成されたパターンに応じた回折光が発生し、発生した回折光が投影光学系によって再び像面上に集められてパターンの像が形成される。この際、高い次数の回折光まで投影光学系に取り込まれる程、得られる像の原図に対する忠実度が良くなる。従って、回折角が小さければ、開口数（NA）の小さい露光装置でもパターンの解像が可能となる。換言すれば、同じ開口数（NA）の露光装置を用いるとすれば、回折角を小さくできるフォトマスク程、更に細かいパターンまで解像できるという事になる。

【0011】 ところで、波動光学の分野で周知のように、パターンの基本周期をPとすると、回折角 $\theta$ は、
$$\sin \theta = n \lambda \quad (n=0, \pm 1, \pm 2, \dots) \quad \dots(1)$$
を満たす方向に出る。ここで、 $\lambda$ は波長、 $n$ は回折光の次数を表わす。

【0012】 (1)式から容易に解る様に、周期Pが大きい程、回折角 $\theta$ は小さくなる。先に説明した図3と図4を比較すると、位相シフトマスク（図4）でのラインアンドスペースパターンの基本周期Pは、位相部材を付加

していない従来のフォトマスク（図3）の基本周期Pの2倍の大きさになっている。このため、図4の位相シフトマスクで生じる回折光の回折角は、図3のフォトマスクに比べて小さくなり、より高い次数の回折光まで投影光学系に取りこまれることになる。このことが、位相シフトマスクを用いることで結像性能の向上が図られる主たる理由の1つとなっている。

【0013】ここで、露光装置の開口数が非常に大きければ、回折角の大きい回折光まで取りこむことができるわけであるが、露光装置の開口数はいくらかでも大きくできるといえるものではなく、得られる像の焦点深度等を含む総合的な結像性能を考慮して設定されており、露光装置の側で解像限界を引き伸ばすには限界がある。パターンの微細化が進んで周期Pが一定以下になれば、 $\pm 1$ 次回折光すら像面に到達しないことになり、解像不能となる。

【0014】そこで、本発明では、従来利用されていなかった光の偏光という特質を用いて、パターンの周期Pを拡大することによって、解像力の向上を図っている。以下、図3のラインアンドスペースパターンに本発明を適用した場合（図1参照）を例にとって、本発明の作用を具体的に説明する。図1において、遮光部1を介して隣り合う光透過部2a、2bには、互いに直交する方向に振動する光を透過させる偏光部材がそれぞれ付加されている。図中矢印は、光透過部2a、2bを透過できる光の振動方向を示し、ここでは直交する2つの偏光状態をそれぞれA、Bと呼ぶことにする。

【0015】一般に、光は2種の直交する偏光状態の和で表現できるので、偏光A、Bについてそれぞれ独立に考える。まず、偏光Aに注目すると、光透過部2aはそのまま通過できるが、光透過部2bについては透過することができず、光透過部2bは偏光Aにとっては光不透過部となる。その為、偏光Aで観測した図1(a)のパターンの振幅透過率は、図1(b)のAで示した状態となり、一つおきの光透過部2aでのみ透過率が高くなる。

【0016】同様に、偏光Bに注目して考えると、光透過部2bは透過できるが、光透過部2aは偏光Bにとっては光不透過部となる。即ち、偏光Aの場合とは透過できる箇所が逆転し、偏光Bで観測したパターンの振幅透過率は、図1(b)のBで示した状態となる。

【0017】これらのことから、2つの直交偏光A、Bが互いに分離されてフォトマスクを透過する図1場合のパターンの基本周期Pは、光透過部2b（偏光Aの光不透過部）－遮光部1－光透過部2a（偏光Bの光不透過部）－遮光部1となり、偏光Aと偏光Bの平均状態の光が従来のフォトマスクを透過する場合（前述した図3の場合）に比べてパターンの基本周期Pが2倍の大きさとなるのがわかる。このことは、同じ開口数の露光装置を用いたとしても、2つの直交偏光A、Bがそれぞれ透過する偏光部材を付加した図1のフォトマスクを用いる

ことによってより高い解像を得られる事を示している。

【0018】また、本発明は位相シフトマスクにも適用でき、偏光部材と位相部材を組み合わせる光透過部に付加することにより（詳細は後述）、更にパターンの周期を大きくすることも可能である。

【0019】

【実施例】

実施例1

本発明の第1実施例を図1を参照して説明する。図において、露光光に対して透明な基板上には、クロム等からなる遮光部1が所定のピッチで配列されており、ラインアンドスペースパターンが形成されている。遮光部1を介して隣り合う光透過部2a、2bには、振動方向が直交し、かつ、振動方向がパターンの辺に対して45度に傾いた方向（理由は後述）にある2つの直線偏光A、Bを透過させる偏光部材がそれぞれ設けられている。この偏光部材は、遮光パターン形成面側に設けても良いし、遮光パターンとは反対側に設けても良いものである。

【0020】かかるフォトマスクにおいては、偏光Aについては光透過部2bが光不透過部となり、偏光Bに対しては光透過部2aが光不透過部となり、A、Bそれぞれの偏光の振幅透過率は図1(b)のようになる。即ち、本実施例におけるパターンの基本周期Pは、作用の項でも説明したように、偏光部材を付加しない場合の2倍となり、その分だけ透過光の回折角が小さくなる。これにより、同じ露光装置を用いたとしても、従来のフォトマスクに比べて解像力が向上することになる。

【0021】さてここで、本実施例において、偏光Aと偏光Bの振動方向をパターンの辺に対して45度に傾いた方向とした理由について説明する。直線偏光には、電気ベクトルの振動方向が入射面に対して垂直なTE (transverse electric) 偏光状態と、磁気ベクトルの振動方向が入射面に垂直、即ち、電気ベクトルの振動方向が入射面内にあるTM (transverse magnetic) 偏光状態があり、フォトマスクに照射される光は、TE偏光とTM偏光の平均状態となっている。仮に、光透過部2aにTE偏光（図1(a)のパターンと平行な方向に電気ベクトルが振動）のみを透過させる偏光部材を設け、光透過部2bにTM偏光（図1(a)のパターンの配列方向に電気ベクトルが振動）のみを透過させる偏光部材を設けたとすると、次のような問題がおこる。

【0022】即ち、フォトマスクが透過照明されると、フォトマスクからは各次数の回折光が生じ、回折次数の異なる光は入射面内の異なる光路を通過して結像面に到達することになるが、TE偏光の場合は回折次数が異なっても電気ベクトルの振動方向が常に入射面に垂直な方向に揃うことになり、回折光同志の干渉効果が最大となる。一方、TM偏光の場合は、回折角の差に対応して異なる次数の回折光の電気ベクトルの振動方向がずれることになり、回折光同志の干渉効果が低下する。

【0023】従って、像面においては、TE偏光が透過する光透過部2aに対応する部分の光強度が大きく、それに比べてTM偏光が透過する光透過部2bに対応する部分の光強度が低くなり、一連のラインアンドスペースパターン内で明部の明るさが異なることになる。本実施例では、このような明るさの差が生じること回避するために、光透過部2a、2bで透過させる光の振動方向を、パターンの辺に対して45度傾けており、パターン像の明部ではTE偏光の場合とTM偏光の場合の中間の光強度が得られる。なお、パターン像の明部の光強度が均一でなくとも良い場合は、偏光A、Bの振動方向は互いに直交していさえすれば、振動方向自体は特に限定されるものでないことは言うまでもない。

【0024】また、図1の例では直交偏光A、Bを与える2種類の偏光部材のみを用いているが、本発明のフォトマスクに使用する偏光部材は3種類以上であって良い。パターンの配列方向などが異なる箇所それぞれのパターンに見合った偏光部材を用いることは勿論、1連のパターン内で3種類以上の偏光部材を用いても良い。

#### 【0025】実施例2

次に、本発明と位相シフトマスクを組み合わせた実施例について、図2を参照して説明する。図2(a)において、透明基板上には、クロム等の遮光部1が所定のピッチで配列されてラインアンドスペースパターンが形成されており、遮光部1を介して隣り合う光透過部2c、2dには、振動方向が相互に直交し、かつ、振動方向がパターンの辺に対して45度に傾いた方向にある2つの直線偏光A、Bを透過させる偏光部材がそれぞれ設けられている。そして、本実施例では、遮光部1を介して隣接し、それぞれ直交する2つの偏光A、Bを透過させる偏光部材が付加された2つの光透過部2cと2dを1組として、1組おきに透過光の位相を $\pi$ 変化させる位相部材が付加されている。

【0026】このような構成のフォトマスクの振幅透過率は図2(b)に示されるようになる。まず、偏光Aは、光透過部2cのみを通過でき、光透過部2dは偏光Aにとっては光不透明部となり、更に、同じ偏光部材が付加された光透過部2cの中でも最も近い光透過部2c同志の振幅は反転することになる。偏光Bについては、偏光Aが透過できる光透過部2cが光不透明部となり、偏光Aの場合と同様に、最も近い光透過部2d同志の振幅は反転することになる。

【0027】従って、図2におけるパターンの基本周期Pは、光透過部2d(位相部材なし)－遮光部1－光透過部2c(位相部材あり)－遮光部1－光透過部2d(位相部材あり)－遮光部1－光透過部2c(位相部材なし)－遮光部1となり、図3の従来例に比べてパターンの基本周期Pが4倍となる。従って、図2のフォトマスクを用いれば、同じ露光装置を用いたとしても、図3のフォトマスクに比べてずっと微細なパターンまで解像

可能となる。

【0028】ここで、位相部材と偏光部材の組み合わせ方については、図2の例に限定されるものではないことは言うまでもないが、振動方向の直交する光は互いに干渉しないので、この点を考慮して各部材を配置することが望ましい。図2(a)において、偏光Aと偏光Bは干渉せず、偏光A同志、偏光B同志が干渉することになるので、光透過部2cだけ又は光透過部2dだけに位相部材を付加したとすると、同一方向に振動する光同志の位相は変化しないから、位相部材を付加してもしなくても同じことになる。

【0029】また、直交する2つの偏光A、Bをそれぞれ透過させる偏光部材に加えて第3の方向に振動する偏光Cを透過させる偏光部材を付加した場合には、偏光A、Bと偏光Cが部分的に干渉することになるので、近接した光透過部に3種類以上の偏光部材を設ける場合には各偏光の干渉に留意することが望まれる。

【0030】位相シフトマスクについては、遮光部を介して隣合う光透過部の一方に位相シフト部材を付加する空間周波数変調方式(図4で説明したフォトマスクや特公昭62-50811号公報に記載フォトマスク)の他、厚さの異なる位相部材を設ける多段方式、遮光パターンの周縁部に位相シフト部材からなる補助パターンを設ける補助パターン方式、遮光部と光透過部の境界に位相シフト部材を設けるエッジ強調方式等種々の方式が提案されているが、本発明は何れの方式の位相シフトマスクにも適用できるものである。図2の例のように位相部材と偏光部材を組み合わせて付加する他、回路パターンによっては、ある領域で位相部材のみを付加し、別の領域では偏光部材のみを付加するようにしても良い。また、転写すべきパターン像の暗部に対応する箇所に必ずしも遮光膜を設ける必要はなく、位相シフト部材だけでパターン形成しても良い。例えば、位相シフト部材を市松格子状に配置することによって遮光膜を用いなくとも暗部が得られる。

【0031】なお、図1、図2の実施例では、振動方向が直交する直線偏光に変換する偏光部材を用いる例について説明したが、本発明における偏光部材は、振動方向が時間とともに回転する円偏光、楕円偏光を生じる偏光部材であっても良い。円偏光を利用する場合は、図1、図2の遮光部を介して隣接する光透過部の一方に右回転の円偏光を透過する偏光部材を付加し、他方の光透過部に左回転の円偏光を透過する偏光部材を付加すれば良い。楕円偏光を利用する場合は、長軸の方向が直交し、かつ回転方向が反対の楕円偏光を透過させる偏光部材をそれぞれ付加すれば良い。

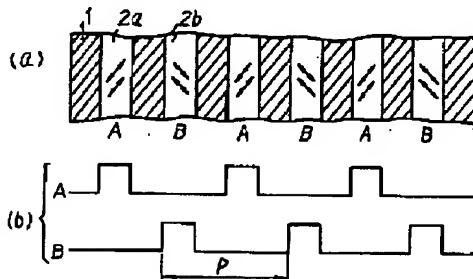
【0032】また、上記の説明においては、透過型のフォトマスクについて述べてきたが、透明基板上に反射部材(反射膜)を設けた反射型マスクについても、反射部に偏光部材を付加することによって透過型フォトマスク

と同様に解像力を高めることができる。反射型フォトマスクは、フォトマスクを落射照明して、反射膜からの反射光を結像光学系で集めて像を形成するものであり、光透過部が像の暗部、反射部が像の明部に対応するので、上述の透過型フォトマスクの光透過部を反射部、遮光部を光透過部と置き換えて考えれば良い。

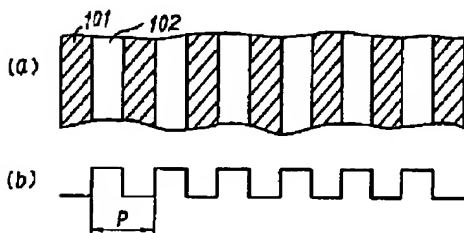
【0033】

【発明の効果】以上の様に本発明のフォトマスクにおいては、相互に直交する各偏光状態の光をそれぞれ透過させる少なくとも2種の偏光部材を光透過部に設けているので、パターンの基本周期を大きくすることができる。10  
パターンの周期が大きくなれば、それだけフォトマスクで生じる回折光の回折角が小さくなり、同じ開口数の露光装置を用いたとしても、解像力の向上を図ることが可能となる。また、本発明のフォトマスクは、近年開発された位相シフトマスクと組み合わせることもでき、従来不可能であった微細パターンの解像を実現できる。

【図1】



【図3】



【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明の第1実施例によるフォトマスクの模式的な平面図、(b)は図1(a)のフォトマスクの振幅透過率を示す説明図である。

【図2】(a)は本発明の第2実施例によるフォトマスクの模式的な平面図、(b)は図2(a)のフォトマスクの振幅透過率を示す説明図である。

【図3】(a)は従来の一般的なフォトマスクの模式的な平面図、(b)は図3(a)のフォトマスクの振幅透過率を示す説明図である。

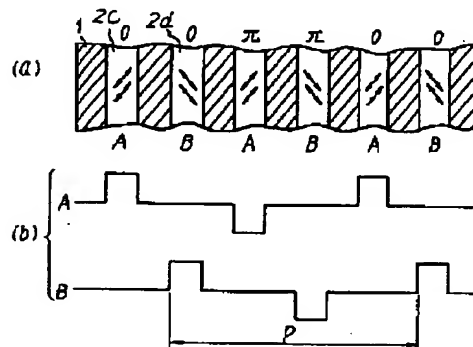
【図4】(a)は従来の位相シフトマスクの模式的な平面図、(b)は図4(a)の位相シフトマスクの振幅透過率を示す説明図である。

【符号の説明】

1 遮光部

2 a, 2 b, 2 c, 2 d 偏光部材を付加した光透過部

【図2】



【図4】

